

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3837248 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 38 37 248.7  
㉑ Anmeldetag: 28. 10. 88  
㉒ Offenlegungstag: 3. 5. 90

㉓ Int. Cl. 5:  
**A61N 5/06**  
H 04 N 7/18  
G 06 F 15/64  
// G02B 26/10

DE 3837248 A1

㉔ Anmelder:

Teichmann, Heinrich Otto, Dr.phys., 2000 Hamburg,  
DE; Teichmann, Harro, Dr.med., 2390 Flensburg, DE

㉕ Vertreter:

Meyer, L., Dipl.-Ing.; Vonnemann, G., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing., Pat.-Anwälte, 2000 Hamburg

㉖ Erfinder:

gleich Anmelder

㉗ Einrichtung zur Behandlung von Hautveränderungen

Es wird eine Einrichtung zur Behandlung von Hautveränderungen des menschlichen oder tierischen Körpers mit Hilfe eines Laserstrahls angegeben, bei der ein Bilderfassungssystem (4) zur Aufnahme und Speicherung der Bilder eines zu erfassenden Hautgebietes (2) vorgesehen ist und durch einen Diskriminator aus dem gespeicherten Bild Raumkoordinaten für das zu behandelnde Gebiet abgeleitet werden. Daraus läßt sich eine Befehlsfolge zur Steuerung der Auftreffkoordinaten des Laserstrahls auf das zu behandelnde Gebiet ableiten. Die Erfindung ist für alle Arten von Hautveränderungen, wie Feuermale, Tätowierungen, Warzen usw. verwendbar.

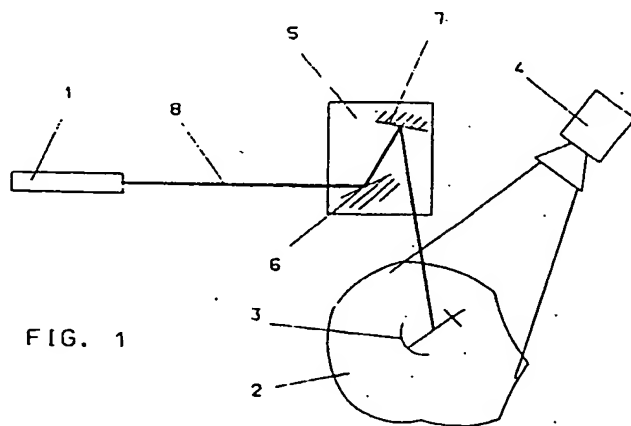


FIG. 1

DE 3837248 A1

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Behandlung von Hautveränderungen des menschlichen oder tierischen Körpers nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Seit einigen Jahren ist es bekannt, Hautveränderungen, wie z. B. Tätowierungen, Warzen, Feuermale oder ähnliches durch einen Laserstrahl zu behandeln. Der Laserstrahl erlaubt die schonende und blutarme Behandlung von Pigment- oder Strukturveränderungen der Haut. Dazu werden u.a. Helium-Neon, Argon- oder CO<sub>2</sub>-Laser verwendet.

Üblicherweise wird der Laserstrahl von Hand über das zu behandelnde Hautgebiet geführt. Nicht nur bei flächenhafter Anwendung kommt es dabei unweigerlich zu erheblichen Schwankungen der Energieeinwirkung des Lasers. Dies führt teils zu einer vermehrten Narbenbildung, teils zu nicht ausreichend bestrahlten Gebieten. Eine exakte Dosierbarkeit der Energiemenge, die in ein Volumenelement der Haut eingebracht wird, ist daher auf diese Weise nicht möglich.

Es ist zwar auch möglich, einen Laserstrahl selbsttätig über ein Behandlungsgebiet, z. B. mit konstanter Geschwindigkeit, zu führen, wodurch eine verbesserte Dosierbarkeit erreichbar ist. Allerdings treten dabei erhebliche Probleme an Behandlungsgrenzen auf, denn der Laserstrahl soll nur das tatsächlich zu behandelnde Gebiet erfassen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur Behandlung von Hautveränderungen des menschlichen oder tierischen Körpers mit Hilfe eines Laserstrahls anzugeben, die eine exakte Dosierbarkeit der Energieeinbringung in die Haut über das gesamte zu behandelnde Gebiet ermöglicht, ohne daß angrenzende gesunde Haut angegriffen wird.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Gemäß der Erfindung ist ein Bilderfassungssystem zur Aufnahme und Speicherung der Bilder eines zu behandelnden Hautgebietes vorgesehen. Aus einem oder mehreren gespeicherten Bildern werden über einen Diskriminator mit einstellbarer Entscheidungsschwelle Raumkoordinaten des zu behandelnden Gebietes abgeleitet. Aus den derart gewonnenen Raumkoordinaten wird eine Befehlsfolge abgeleitet, die zur Steuerung der Auftreffkoordinaten des Laserstrahls auf dem zu behandelnden Gebiet dient.

Die Bilderfassung des zu behandelnden Hautgebietes kann z. B. über eine TV-Kamera erfolgen, wobei vorzugsweise mehrere Bilder in verschiedenen Spektralbereichen aufgezeichnet werden. Durch einen Bildvergleich der gespeicherten Aufnahmen bei wählbarer Diskriminator-schwelle lassen sich die Raumkoordinaten des zu behandelnden Gebietes ableiten mit dem Ziel, die spezifische Hautveränderung exakt einzugrenzen und herauszuarbeiten.

Eine andere Möglichkeit der Bilderfassung besteht darin, daß ein Laserstrahl geringer Leistung verwendet wird, dessen Energie keinen Einfluß auf das Hautgebiet ausüben kann. Dieser Laserstrahl wird über das zur Behandlung vorgesehene Hautgebiet rasterartig geführt. Das von der Hautoberfläche gestreute Licht wird durch einen optischen Empfänger erfaßt, und die Intensität und/oder der Spektralbereich des gestreuten Laserlichts dient dann zum Aufbau eines Bildes des zu behandelnden Hautgebietes. Auch hierbei kann die Festle-

gung der Behandlungsgrenzen durch Erfassung des Gebietes in verschiedenen Spektralbereichen und anschließenden Bildvergleich bei einzustellender Diskriminator-schwelle erfolgen.

Eine dritte Möglichkeit besteht darin, das Gebiet mit Hilfe eines Lasers zu erfassen, wobei der Laserstrahl über ein Interferometer, insbesondere Michelson-Interferometer in zwei überlagerte Wellenzüge aufgespalten wird. Mit diesem Austrittsstrahl wird dann die Hautpartie angestrahlt. Topographische Unebenheiten erscheinen dann begrenzt von geschlossenen Hell-Dunkel-Ringen. Das erzeugte Bild wird dann mit einer TV-Kamera aufgenommen, gespeichert und z. B. auf einem Bildschirm dargestellt. Durch vorgegebene Entscheidungsschwellen kann das zu behandelnde Hautgebiet auch auf diese Weise abgegrenzt werden, z. B. zur Behandlung von Warzen, deren Pigmentierung sich üblicherweise nicht von der umgebenden Haut unterscheidet.

Die Erfindung ermöglicht eine nahezu selbsttätige Behandlung von Pigmentierungen der Haut oder topographischen Hautveränderungen. Die exakte Bilderfassung des zu behandelnden Gebietes erlaubt eine Behandlung, die nahezu keine Schädigung angrenzender gesunder Haut hervorruft. Durch eine durch die Raumkoordinaten des zu behandelnden Gebietes bestimmte programmierte Steuerung des Laserstrahls kann eine exakte Dosierung der Auftreffenergie erreicht werden. In einer bevorzugten Weiterentwicklung der Erfindung kann die Energiedichte auch in Abhängigkeit von Raumkoordinaten gesteuert werden, die sich ergeben, wenn eine andere weitere Entscheidungsschwelle für die Erfassung von Raumkoordinaten zugrunde gelegt wird.

Die Erfindung ermöglicht eine exakte Anpassung der Behandlung an Art und Struktur eines zu behandelnden Gebietes. Eine gewünschte Energiemenge kann sehr genau festgelegt werden. Entgegen einem Handbetrieb, bei dem nur die Laserleistung genau einstellbar ist, besteht nach der Erfindung auch die Möglichkeit, die Behandlungsgeschwindigkeit, den Strahldurchmesser und den Zeilenabstand genau festzulegen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Aufbau einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 2 einen Aufbau einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 3 einen Aufbau einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 4 ein Blockschaltbild.

Die Wechselwirkung von Licht mit Haut erfolgt über Streuung und Absorption. Die Intensitätsabnahme eines in die Haut eindringenden Lichtstrahls ist annähernd exponentiell. Um eine Schädigung gesunden Gewebes zu verringern, wird für die Zwecke der Erfindung eine Laserwellenlänge gewählt, bei der der Absorptionsweg in gesunder Haut möglichst groß ist. Vorzugsweise liegt die benutzte Laserwellenlänge im Bereich zwischen 400 und 1200 Nanometern. In Frage kommen insbesondere Dauerstrichlaser mit hoher Eindringtiefe in biologisches Material. Vorzugsweise werden Laser mit 5 bis 15 W verwendet. Zur Vereinfachung der Handhabbarkeit und zur Erhöhung der Sicherheit sollten Laser mit sichtbar-em Licht verwendet werden.

Das vom Gewebe absorbierte Licht wird in Wärme umgewandelt, die u.a. über Diffusion abgeführt wird. Die Ortsauflösung eines Dermatologielasers wird dementsprechend durch eine die Haut charakterisierende

thermische Diffusionslänge begrenzt. Ein Behandlungserfolg setzt eine Temperaturerhöhung in der Haut von ca. 25°C voraus. Bei 1 cm/Sekunde Behandlungsgeschwindigkeit bedarf es daher einer Laserleistung von etwa 5 Watt.

Der Aufbau der Erfindung ist etwa wie folgt:

Es wird vorzugsweise ein Argonlaser 1 verwendet, der auf einer optischen Bank angeordnet ist. Der Ausgangsstrahl 8 des Lasers 1 ist auf eine Strahlablenkein-  
heit 5 gerichtet, die derart angeordnet ist, daß ein mög-  
lichst optimaler Raumwinkel zur Behandlung des Pa-  
tienten gewährleistet ist. Als Strahlablenkeinheit wird  
vorzugsweise ein XYZ-Scanner mit Spiegeln 6 und 7  
mit hoher Positioniergenauigkeit benutzt. Zur Steue-  
rung des Scanners werden diesem Anfangs- und Endko-  
ordinaten und die Abtastgeschwindigkeit eines abzufah-  
renden Vektors übermittelt. Diese Steuerungsdaten  
werden über eine Rechnerschnittstelle von einem Pro-  
zeßrechner geliefert.

Zur Erfassung des zu behandelnden Hautgebietes 2  
können in Abhängigkeit von der zu behandelnden  
Struktur folgende Einrichtungen verwendet werden.

Bei Pigmentierungen, wie z. B. Feuermalen, Tätowier-  
ungen, oder ähnlichem kann ein Bilderfassungssystem  
verwendet werden, das z. B. eine Hell-Dunkel-Unter-  
scheidung ermöglicht. Dazu kann eine Videokamera 4  
verwendet werden, die ein Schwarz-Weiß-Bild liefert,  
das anschließend gespeichert wird. Vorzugsweise wird  
das zu behandelnde Gebiet durch mehrere spektralbe-  
grenzte Filter z. B. rot, gelb, grün, blau bestrahlt. Die  
TV-Kamera macht von jeder farbigen Belichtung eine  
Aufnahme. Zur Festlegung der Grenzen des Behand-  
lungsgebietes werden dann die verschiedenen Aufnah-  
men durch logischen Vergleich der gespeicherten Bild-  
punkte miteinander verglichen. Der Bildpunktvergleich  
kann z. B. additiv oder subtraktiv sein. Im Rahmen der  
Erfindung liegt auch die Faltung eines Bildes mit einer  
Faltungsfunktion oder die digitale Filterung, die z. B.  
auch zweidimensional sein kann. Diese Auswertung er-  
folgt vorzugsweise in einem Prozeßrechner, der mit ei-  
nem Optimierungsalgorithmus arbeitet, um das Behand-  
lungsgebiet bestmöglich gegenüber angrenzendem ge-  
sunden Gebiet abgrenzen zu können. Die Erfassungspa-  
rameter für bestimmte Typen von Hautveränderungen  
3 können auch durch den Prozeßrechner gespeichert  
werden und können dann für spätere Behandlungen die  
Grundlage der Auswertung bilden. Die Entscheidungss-  
chwelle, die zur Abgrenzung von zu behandelndem von  
nicht zu behandelndem Hautgebiet gesetzt wird, kann  
einstellbar gewählt werden, sie kann jedoch auch durch  
den Prozeßrechner selbst in einem Optimierungsverfah-  
ren festgelegt werden.

Eine andere Möglichkeit der Bilderfassung (Fig. 2)  
besteht darin, daß zunächst ein Laser mit geringer Lei-  
stung nach einem fest vorgegebenen Muster rasterartig  
über die Oberfläche des zu behandelnden Hautgebietes  
geführt wird. Die Energiedichte dieses Lasers ist derart  
gering, daß auf diese Weise keine Hautschädigungen  
hervorgerufen werden. Das von der Hautoberfläche ge-  
streuete Laserlicht wird von einem Hohlspiegel 9, der für  
den Laserstrahl eine Durchgangsöffnung 11 aufweist,  
und einen optischen Empfänger 10 erfaßt. Die Intensität  
und/oder der Spektralbereich (z. B. bei Lasern mit  
durchstimmbarer Wellenlänge) wird unter Zuordnung  
zu den entsprechenden Auftreffkoordinaten des Laser-  
lichts gespeichert und liegt dann in vergleichbarer Form  
vor, wie eine Aufnahme mit einer TV-Kamera. Die Aus-  
wertung dieser Aufnahme kann auf die gleiche Weise,

wie oben angegeben, vorgenommen werden.

Bei bestimmten Hautveränderungen, die nicht mit ei-  
ner Pigmentierung verbunden sind, wie z. B. Warzen, ist  
die Verwendung einer TV-Kamera oder die rastermäßi-  
ge Erfassung mit Hilfe eines Laserstrahls nicht möglich.  
In diesem Fall wird der Laserstrahl vorzugsweise über  
ein in den Laserstrahl geschaltetes Michelson-Interfero-  
meter 12 in zwei überlagerte Wellenzüge aufgespalten  
(Fig. 3), die auf die zu behandelnde Hautpartie gerichtet  
werden. Unebenheiten erscheinen dann als geschlosse-  
ne Linien, die mit einer TV-Kamera aufgenommen wer-  
den können. Aus einer derartigen Aufnahme können  
Raumkoordinaten abgeleitet werden, die eine genaue  
Abgrenzung eines zu behandelnden Gebietes ermögli-  
chen. Zusätzlich läßt sich auf diese Weise der Grad der  
Erhöhung der Hautveränderung über die gesunde Haut  
feststellen, da die Zahl der erzeugten Linien einen Grad  
für die Höhe der Hautveränderung darstellt. Die Hö-  
heninformation kann dann z. B. zur Steuerung der Ener-  
giedichte des Behandlungslasers auf dem zu behandel-  
nden Hautgebiet verwendet werden. Vorgenannte Maß-  
nahmen können auch kombiniert werden, so daß jeweils  
eine optimale Erfassung in Abhängigkeit von dem Typ  
der Veränderung erfolgen kann.

Die erfindungsgemäße Einrichtung ermöglicht die  
Festlegung der Abtastgeschwindigkeit, der Laserlei-  
stung, des Spotdurchmessers und des Zeilenabstandes  
des rasterartig über das zu behandelnde Hautgebiet ge-  
führten Behandlungslasers. Die über das Bilderfassungs-  
system 15 gewonnenen Raumkoordinaten werden ge-  
mäß Fig. 4 in einer Rechneinheit 14 zu einer Befehls-  
folge umgewandelt, die auf den XYZ-Scanner (5) ge-  
geben wird, der den Lichtstrahl des Lasers exakt positio-  
niert. Die Wahl von Abtastgeschwindigkeit, Laserlei-  
stung, Spotdurchmesser und Zeilenabstand kann selbst-  
tätig durch die Rechneinheit bei Vorgabe des Typs  
der Hautveränderung an der Bedieneinheit 13 festge-  
legt werden.

Damit die durch das Bilderfassungssystem festgeleg-  
ten Raumkoordinaten sich während der Behandlung mit  
dem Laserstrahl nicht verändern, muß das zu behan-  
delnde Hautgebiet exakt in bezug auf die Behandlung-  
einrichtung positioniert werden. Bei räumlichen Stel-  
lungsänderungen des zu behandelnden Hautgebietes ist  
eine erneute Erfassung der Raumkoordinaten erforder-  
lich. Zur Vermeidung dieses Nachteils kann vorgesehen  
sein, daß die absoluten Koordinaten des zu behandelnden  
Gebietes z. B. über zwei gekennzeichnete Fixpunk-  
te erfaßt werden, daß deren räumliche Lage ständig  
während der Behandlung kontrolliert wird und bei Ver-  
änderungen eine Koordinatentransformation der Be-  
handlungskordinaten bewirkt, so daß bei einer Bewe-  
gung des Patienten während der Behandlung eine Nach-  
steuerung des Laserstrahls erfolgen kann.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Laser
- 2 Gebiet
- 3 Hautveränderung
- 4 Kamera
- 5 X-Y-Z-Scanner
- 6 Spiegel
- 7 Spiegel
- 8 Laserstrahl
- 9 Hohlspiegel
- 10 Reflektor
- 11 Öffnung

- 12 Interferometer
- 13 Bedieneinheit
- 14 Prozeßrechner
- 15 Bilderfasser

# Patentansprüche

1. Einrichtung zur Behandlung von Hautveränderungen des menschlichen oder tierischen Körpers mit Hilfe eines Laserstrahls (8), der über das zu behandelnde Hautgebiet (2) führbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bilderfassungssystem (4) zur Aufnahme und Speicherung der Bilder eines zu behandelnden Hautgebietes (2) vorgesehen ist, daß durch einen Diskriminator aus dem gespeicherten Bild Raumkoordinaten für das zu behandelnde Gebiet abgeleitet werden, und daß aus den Raumkoordinaten durch eine Steuereinrichtung eine Befehlsfolge abgeleitet wird, die zur Steuerung der Auftreffkoordinaten des Laserstrahls auf dem zu behandelndem Gebiet verwendbar ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bilderfassungssystem eine Videokamera (4) ist, mit deren Hilfe mehrere Aufnahmen des Behandlungsgebietes erfolgen, daß eine Auswertung der gespeicherten Bilder in verschiedenen Spektralbereichen erfolgt, wobei durch einen Bildvergleich der gespeicherten Aufnahmen bei wählbarer Diskriminatorschwelle die Raumkoordinaten des zu behandelnden Gebietes abgeleitet werden.
3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bilderfassungssystem einen Laser geringer Leistung aufweist, dessen Strahl mit festen Anfangs- und Endkoordinaten rastermäßig über das zu behandelnde Hautgebiet geführt wird, daß das von der Hautoberfläche gestreute Licht durch einen optischen Empfänger (10) erfaßt und die Intensität und/oder der Spektralbereich des gestreuten Laserstrahls unter Zuordnung zu den entsprechenden Auftreffkoordinaten des Laserlichts gespeichert wird, und daß ein derart gespeichertes Bild mit weiteren Bildern des zu behandelnden Hautgebietes bei wählbarer Diskriminatorschwelle verglichen wird und daraus die Raumkoordinaten des zu behandelnden Gebietes abgeleitet werden.
4. Einrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne Bildpunkte oder Bildpunktgruppen der gespeicherten Bilder logisch miteinander verknüpft werden und aus einem derartig verknüpften Bild die Raumkoordinaten des zu behandelnden Gebietes abgeleitet werden.
5. Einrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Bilderfassungssystem einen Laser geringer Leistung aufweist, dessen Strahl nach Durchlaufen eines Interferometers (12) auf das zu behandelnde Hautgebiet gerichtet wird, und daß aus dem mittels einer Kamera (4) erfaßten und gespeicherten Bildes des angestrahlten Hautgebietes dessen Raumkoordinaten bei Zugrundelegung einer wählbaren Diskriminatorschwelle ermittelt werden.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Interferometer (12) ein Michelson-Interferometer ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

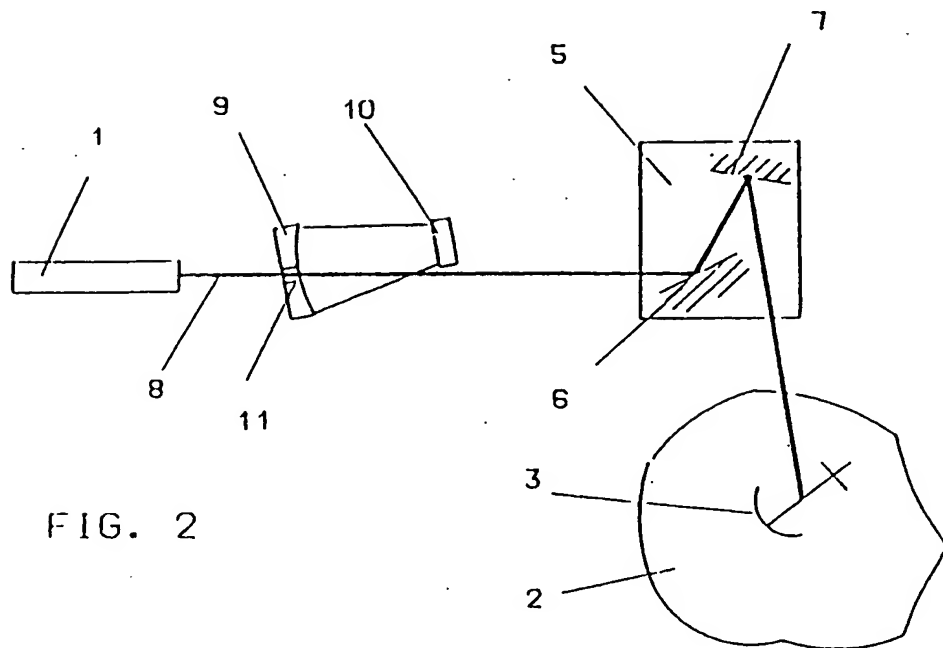


FIG. 2

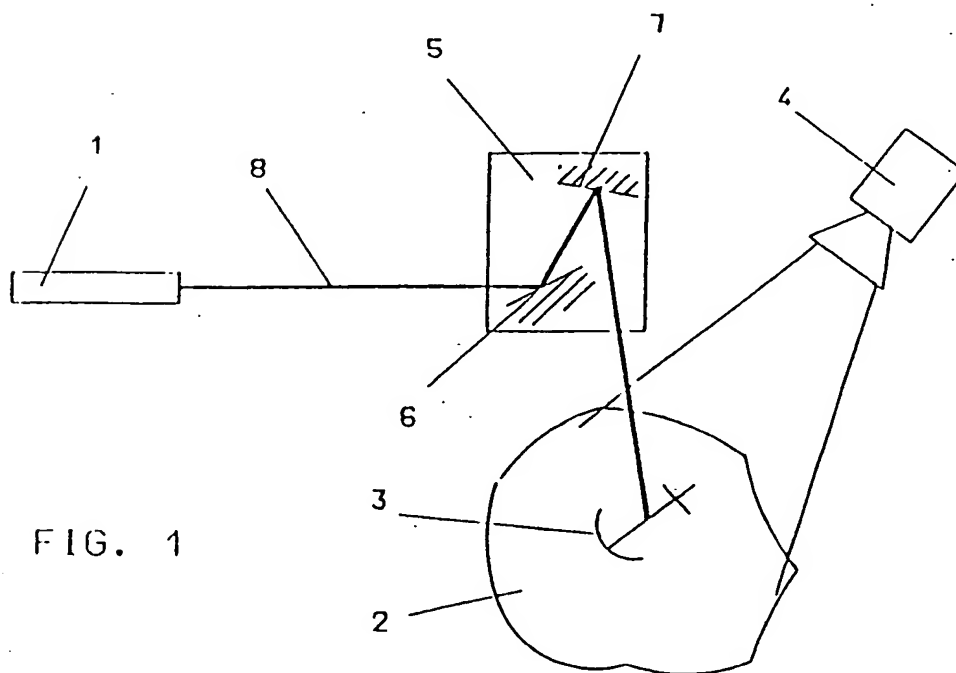


FIG. 1

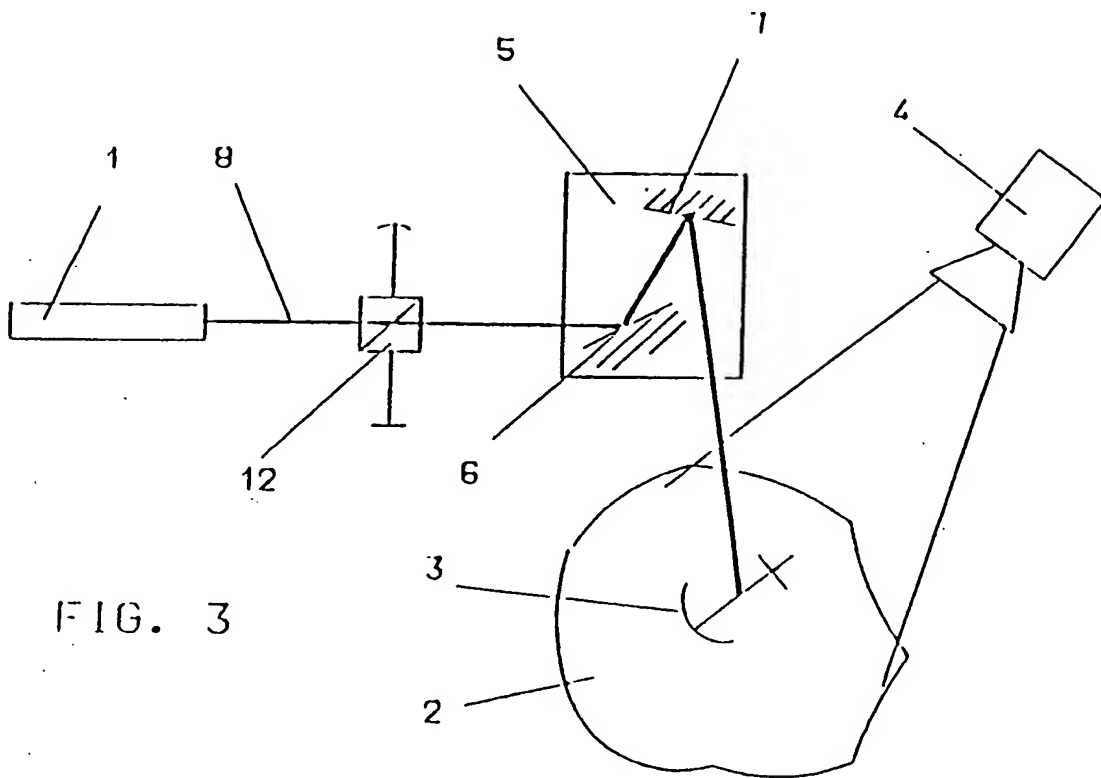


FIG. 3

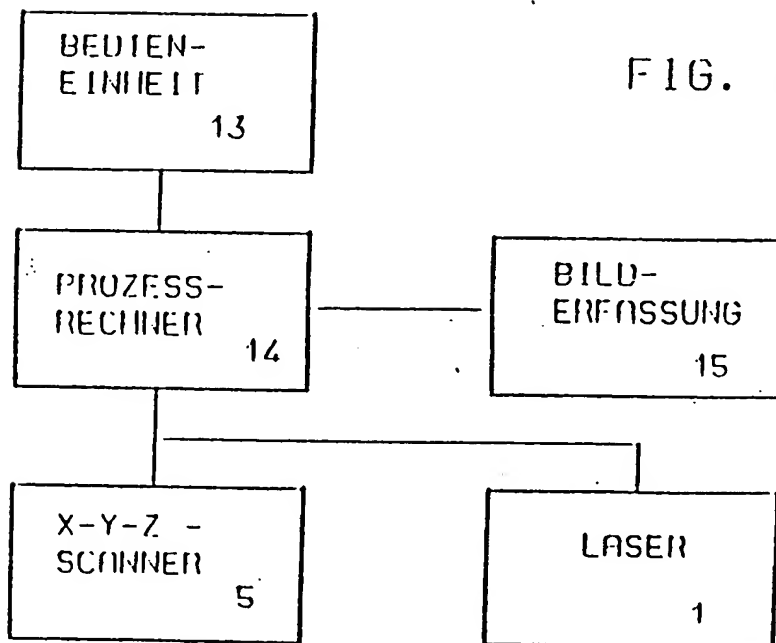


FIG. 4